

I-B 12

歩道橋のアクティブ振動制御のための制御器の設計とアクチュエータの試作

長崎大学大学院 学生員○山森 和博
長崎大学工学部 正 員 岡林 隆敏
オリエンタル建設（株） 正 員 角本 周

1. はじめに

実際の構造物の振動制御を実現するためには、制御力を発生させる駆動装置、すなわちアクチュエータとリアルタイムに信号処理をするための制御器が必要である。本研究の目的は、吊床版歩道橋の歩行者による振動を制御するための、振動制御システムを構成することにある。そこで、桁の鉛直曲げ振動を制御するためのアクチュエータを試作した。また、DSPを用いてリアルタイムの制御が可能な、制御器を設計した。ここでは、制御器を構成するためのハードウェアとソフトウェアに関する説明と、アクチュエータの動特性について述べた。さらに、この制御システムを、吊床版歩道橋に適用し、振動制御の有効性を確認した。

2. DSPを用いた振動制御のための制御器の設計

(1) ハードウェアの構成

制御器の中核となるパーソナルコンピュータには、DSPが組み込まれている。図-1にハードウェアの構成を示す。DSPは、高速信号処理を目的として開発されたプロセッサである。本研究では、A/D変換、D/A変換機能を搭載したDSPボード（MTT社製）⁽¹⁾を使用した。サンプリング周波数は1 KHz以上可能である。

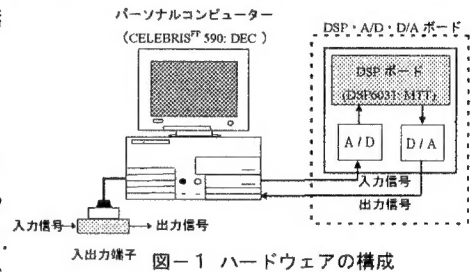


図-1 ハードウェアの構成

(2) ソフトウェアの構成

制御プログラムは、MATLABのオプションとして用意されているSIMULINKによりブロック線図プログラムとして構成する。さらに、Real-Time Workshopを利用して、このプログラムをC言語に変換する。次に、これをDSPにダウンロードする。DSPの実行は、 μ -Pass/C31⁽²⁾により行う。 μ -Pass/C31はDSP専用ソフトウェアである。これにより、制御プログラムの実行、任意の制御データの数値表示、さらに時系列でグラフィック表示を行うことが可能になる。図-2にソフトウェアの構成を示す。

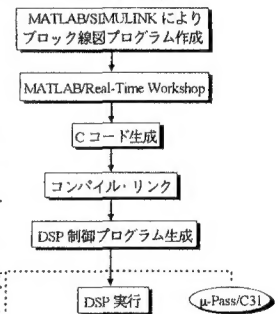


図-2 ソフトウェアの構成

3. 振動制御のためのアクチュエータの製作

本研究で製作したアクチュエータの構造を図-3に示す。パーソナルコンピュータの指令信号をアクチュエータ上部に設置したモーターに伝達することにより、モーターが駆動する。モーターの駆動により、重錘が上下し、制御力が発生する構造形式となっている。諸元を表-1に示す。

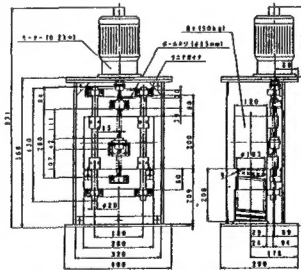


図-3 アクチュエータの構造

表-1 アクチュエータの諸元

入力電圧	200 V
出力	0.2 kw
重錘	50 kg
ストローク	80 mm

このアクチュエータの加速度動特性を調べたものが、図-4と図-5である。振幅特性では、大きな出力加速度は得られていない。位相特性については、7.0(Hz)付近で約90度位相遅れが生じる。

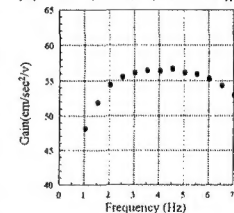


図-4 振幅特性

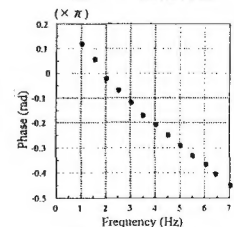


図-5 位相特性

4. 振動制御対象構造物

振動制御の有効性を確認するために、振動制御実験を平成7年12月に実施した。対象とした橋梁は、大分県院内町の香下ダム内に架けられている図-6に示すような歩道橋である。この橋梁は、橋長139.0m、吊支間長2@62.5mのPC吊床版橋である。橋梁の諸元を表-2に示す。

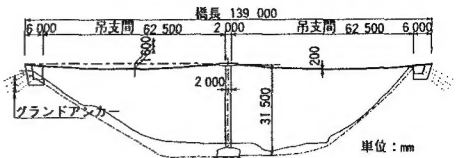


図-6 香下ダム吊橋一般図

表-2 橋梁の諸元

橋名	香下ダム歩道橋
構造形式	2径間連続PC吊床版橋
橋長	139.000 m
吊支間	2@62.500 m
基本サグ	1.600 m
有効幅員	1.500 m (標準幅員)

5. 振動制御実験の概要

本実験では、単純速度フィードバック制御を用いた振動制御を行った。実験制御システムを図-7に示す。速度計（3/4L(L=62.5m)点）で検出された速度を直流増幅器に取り込む。出力信号がパーソナルコンピュータ内でA/D変換され、DSPにより制御力の計算を行い、指令信号としてD/A変換される。その指令信号を制御盤に入力し、アクチュエータに送ることで、アクチュエータが制御力を発生する。制御力は、観測点の速度に比例した力として、フィードバックさせた。実験は次のような手順で行った。①発振器により2次振動の固有振動数(1.172Hz)で、3/4L点に設置したアクチュエータを定常加振する。②定常加振後、自由減衰を行う。③次に、同様な定常加振を行った後アクチュエータを加振器から制御器へ切り替え、速度フィードバックを行う。この時の減衰効果を制御のない場合と比較する。

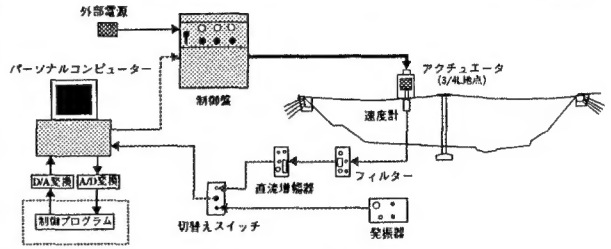


図-7 実験制御システム図

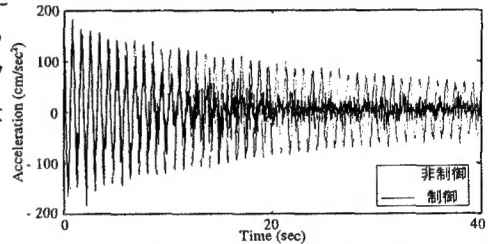


図-8 1/4L点における加速度応答

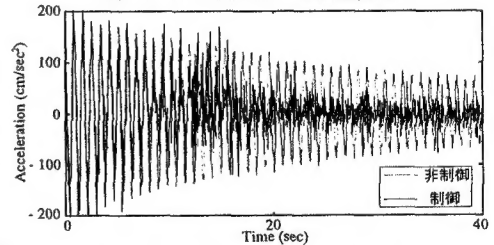


図-9 3/4L点における加速度応答

構造物の基準座標の方程式は次のようになる。

$$\ddot{q}(t) + H\dot{q}(t) + \Omega q(t) = bf(t) + du(t) \quad (1)$$

(1) 式を状態空間表示すると、次式を得る。

$$\dot{x}(t) = [q(t) \quad \dot{q}(t)]^T \quad (2)$$

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bf(t) + Du(t) \\ y(t) = Cx(t) \end{cases} \quad (3)$$

制御力は $u(t) = -Kx(t)$ で与えられる。最適ゲインベクトル K は、一般に最適レギュレータ理論より決定される。

6. 実験結果

図-8、図-9は、それぞれ1/4L点、3/4L点の加速度応答波形である。制御を行った場合、非制御と比べ減衰は明らかに大きくなっている。減衰定数は、それぞれ非制御で0.0042、1/4L点において制御を行った場合で0.0178となり、3/4L点においては、制御を行った場合で0.0197となった。制御力としては、最大22kg程度である。

7. まとめ

歩行者による歩道橋振動をアクティブ制御するための、制御システムを構成することができた。本システムにより、振動が低減できることが確認できた。しかし、実橋実験では、DSPを十分に機能させる制御が実現できなかった。今後、実橋実験において、改善を重ねる予定である。

【参考文献】(1) HERON WING/DSP6031 ハードマニュアル、MTT(株)

(2) μ -Pass/C31 取扱説明書、マイクロシグナル(株)